



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 59 211 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**G 01 N 15/02**  
G 01 N 21/47

21 Aktenzeichen: 198 59 211.6  
22 Anmeldetag: 21. 12. 1998  
43 Offenlegungstag: 20. 7. 2000

DE 198 59 211 A 1

71 Anmelder:  
Grimm Aerosol Technik GmbH & Co. KG, 83404  
Ainring, DE

74 Vertreter:  
BOEHMERT & BOEHMERT, 80801 München

72 Erfinder:  
Grimm, Hans, 83404 Ainring, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 197 12 823 A1  
DE 42 15 908 A1  
EP 03 91 256 B1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Einrichtung und Verfahren zum Bestimmen der Korngrößenverteilung und der Gesamtkonzentration von Partikeln in einem Probegasstrom

57 Eine Vorrichtung zum Bestimmen der Korngrößenverteilung und der Gesamtkonzentration von Partikeln in einem Probegasstrom mit einer Meßzelle, die von einem Probegasstrom durchströmt wird und in der von einer Lichtquellenanordnung abgestrahltes Licht an den in dem Gas enthaltenen Partikeln gestreut wird, mindestens eine Empfangseinrichtung, welche das Streulicht zumindest teilweise empfängt und ein der Intensität des Streulichts entsprechendes Signal abgibt, und einer das genannte Signal aufnehmenden und verarbeitenden Auswerteeinrichtung zeichnet sich durch eine Lichtquellenanordnung mit steuerbarer Intensität aus, wobei diese Intensität periodisch veränderbar ist, um den Probegasstrom zur Erfassung sehr kleiner Partikel mit hoher Intensität und zur Erfassung größerer Partikel mit geringerer Intensität sequentiell zu durchleuchten.

DE 198 59 211 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen der Korngrößenverteilung und der Gesamtkonzentration von Partikeln in einem Probengasstrom gemäß EP 0 391 256.

Bei dem Stand der Technik nach der EP 0 391 256 ist es aufwendig, mittels der Impulzzählung Partikel mit einer Korngröße von unter  $0,7\text{ }\mu\text{m}$  zu erfassen. Diese Schwierigkeit behebt die EP 0 391 265 B1 dadurch, daß mittels mehrerer Zähleinrichtungen in verschiedenen Korngrößenbereichen ermittelte Konzentrationen und eine mittels einer Integriereinrichtung errechnete Gesamtkonzentration zueinander in Beziehung gesetzt werden, um aus der Zusammenschau beider Werte die Korngrößenverteilung verläßlich zu bestimmen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auch kleinste Partikel im Bereich zwischen  $0,2$  und  $2\text{ }\mu\text{m}$  einfach und zuverlässig zu erfassen.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

Während bei der EP 0 391 265 B1 nur mit einer Lichtquelle stets gleicher Intensität gearbeitet wird, setzt die Erfindung eine Lichtquellenanordnung unterschiedlicher Intensität ein. Damit wird der Probengasstrom sequentiell mit Licht unterschiedlicher Intensität beleuchtet, wobei zum Erzeugen von Licht hoher Intensität vorzugsweise eine Laserlicht- oder eine Weißlichtquelle eingesetzt wird.

Mittels der Durchleuchtung des Probengasstromes mit dem Licht hoher Intensität lassen sich kleinste Partikelgrößen im Bereich zwischen  $0,2$  und  $2\text{ }\mu\text{m}$  zuverlässig erfassen, während für die Erfassung von Partikeln größerer Abmessungen ( $1\text{ }\mu\text{m}$  bis  $20\text{ }\mu\text{m}$ ) Licht kleinerer Intensität ausreicht.

Zur Reduzierung der Empfindlichkeit gegenüber kleinen Wassertropfchen wird bevorzugt eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von  $70$  bis  $680\text{ nm}$  eingesetzt.

Die Lichtquellenanordnung kann eine einzige Lichtquelle mit veränderbarer Intensität oder zwei oder mehr Lichtquellen unterschiedlicher Intensität aufweisen, wobei in beiden Fällen zeitgetaktet mit Licht hoher Intensität und mit Licht niedrigerer Intensität der Probengasstrom durchleuchtet werden kann.

Mit der Vorrichtung nach der Erfindung soll auch ein Meßfehler vermieden werden, der dadurch entstehen kann, daß neben schädlichen auch unschädliche Partikel unterscheidungslos im Probengasstrom miterfaßt werden. Um dies zu vermeiden sieht die Erfindung eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 und ein Verfahren gemäß Anspruch 17 vor, wonach der Probengasstrom im Falle zu hoher Feuchtigkeit und folglich Nebelbildung nach der Durchleuchtung einer erhaltungslosen Trocknung durch Entziehen von Feuchtigkeit unterworfen und dann in einem vorbestimmten Mischungsverhältnis wieder in den der Durchleuchtung zugeführten Probengasstrom eingeschleust wird. Hierdurch wird der Probengasstrom stets auf einer Feuchtigkeit unterhalb einer vorgebbaren Schwelle gehalten, bei der praktisch keine Nebeltropfchen entstehen, so daß der genannte Meßfehler zuverlässig vermieden ist.

Dieser zuletzt genannte Grundgedanke der Erfindung kann sowohl im Verbund mit der Erfindung nach den Ansprüchen 1 und 10 als auch für sich allein genommen von Bedeutung sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung ist im folgenden anhand einer schematischen Zeichnung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung näher erläutert. Dabei wird aus

dem europäischen Patent 0 391 256 Bekanntes hier nicht wiederholt sondern auf diese Patentschrift verwiesen. Dies gilt insbesondere für die Auswerteinrichtung, die anhand der Fig. 2 in dieser Patentschrift beschrieben ist und hinsichtlich Funktion und Ausführung identisch mit der in dieser Anmeldung eingesetzten Auswerteinrichtung ist, soweit dies im folgenden nicht abweichend beschrieben ist.

Die einzige Figur zeigt ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem Innenraum, in welchem die Partikelgröße zu messen ist.

Dieser Innenraum ist in der Zeichnung mit der Bezugszahl 2 bezeichnet. Eine Meßzelle für die Messung der Partikelgröße ist mit 4 bezeichnet. In der Meßzelle 4 wird Außenluft über ein Ansaugrohr 6 in Pfeilrichtung A eingesaugt. Das Ansaugrohr 6 hat eine in das Innere der Meßzelle 4 konisch sich verjüngende Düse 8, über die Umgebungsluft in die Meßzelle eingeblasen wird. Der Innenraum wird mit Umgebungsluft über eine Einlaßleitung 10 versorgt, welche mittels eines Ventilators 12 über eine Auslaßleitung 14 wieder aus dem Innenraum herausgeführt wird. Der Ventilator 12 ist von einem Motor 16 angetrieben, der von einem Temperatursensor 18 angesteuert ist. Der Temperatursensor 18 betätigt ferner einen Heizer 20, wenn die Temperatur in dem Innenraum 2 unter eine vorgegebene Temperatur abfällt.

Die Meßzelle 4 hat am Düsenausgang der Düse 8 einen mit der Bezugszahl 22 bezeichneten Durchleuchtungsort. Auf diesen Durchleuchtungsort ist der Lichtstrahl einer Laserdiode 24 über eine Sendeoptik 26 gerichtet. Die Laserdiode 24 ist mit zwei unterschiedlichen Intensitäten mittels eines Pulsgenerators 28 betreibbar. Dieser Pulsgenerator 28 steuert die Laserdiode 24 zeitgetaktet zwischen den beiden Intensitäten um, zum Beispiel für jeweils eine Zeitdauer von mindestens einer Sekunde mit hoher Intensität und für eine Zeitdauer von mindestens zwei, vorzugsweise mindestens fünf Sekunden mit niedriger Intensität.

Horizontal gegenüber der Sendeoptik 26 ist eine Empfängerdiode 30 angeordnet, welche den von der Sendeoptik 26 ausgesendeten, den partikelbelasteten Probengasstrom passierten Lichtstrahl aufnimmt. Von der Empfängerdiode wird der Lichtstrahl über einen Baustein 32 einer Verarbeitung in einem Analogbaustein 34 zugeleitet und von dort zur Umwandlung in digitale Signale in einen Digitalbaustein 36 geleitet, der drei Ausgänge zu einer Anzeige 38, zu einem Speicher 40 und zu einem Personal-Computer 42 hat, welcher zusätzlich zwei nicht gezeigte analoge Ausgänge zur laufenden Ausgabe von zwei vorwählbaren Ergebnissen haben und selbstverständlich auch außerhalb des Innenraumes 2 gelegen sein kann. In diesem Personal-Computer wird das Meßergebnis so verarbeitet, wie dies in der EP 0 391 256 B1 beschrieben ist.

Der Probengasstrom wird über eine Pumpe 44 über einen Partikelfilter 43 zu einem Dreiwege-Ventil 46 geleitet. Ein Ausgang 461 des Ventils ist über eine Rückföhrleitung 47 mit einem Trockner 48 verbunden, der in bekannter Weise dem Probengasstrom Feuchtigkeit ohne Erhitzung entziehen kann. Ein weiterer Ausgang 462 mündet in Richtung des Pfeiles F in den Innenraum der Meßzelle 4. Das Mehrwege-Ventil 46 ist von einem Regler 50 ansteuerbar, der als Eingangsgröße einen aktuellen Meßwert von einem RF-Sensor 52 für die relative Feuchtigkeit des Probengasstromes erhält.

Die Ausgänge 461 und 462 können von dem Regler 50 wechselseitig gesperrt sein, wobei jeweils der eine Ausgang geöffnet und der andere gesperrt ist. Sie können von dem Regler 50 auch beide gemeinsam gesperrt werden.

Im Normalzustand ist der Ausgang 461 gesperrt und der Ausgang 462 geöffnet, so daß der Probengasstrom in die Meßzelle 4 eingelassen wird und nicht in die Rückföhrlei-

lung 47 gelangt. Wird im Probengas eine vorgegebene Schwelle für die relative Luftfeuchtigkeit überschritten, zum Beispiel ein Luftfeuchtigkeitswert von 80%, werden der Ausgang 462 gesperrt und der Ausgang 461 geöffnet. Dann gelangt der Probengasstrom in den Trockner 48 und von dort über ein weiteres Partikelfilter 49 durch die Rückführleitung 47 wieder zurück in einen Mischerabschnitt 62 des Ansaugrohrs 6, wo das entfeuchtete Probengas mit dem aus der Umgebung angesaugten Gas (Umgebungsluft) in einem vorbestimmten Verhältnis gemischt wird, zum Beispiel in einem Verhältnis 1 : 1. Die Mischung wird deshalb vorgenommen, damit Nebelbildung im Probengas vermieden wird. Nebeltropfchen könnten nämlich die Messung dadurch verfälschen, daß sie unterschiedslos zu Staubpartikeln ebenfalls als Partikel erfaßt werden, welche das Meßergebnis verfälschen könnten.

Wird der Probengasstrom über die Rückführleitung 47 geführt und im Trockner 48 entfeuchtet, so wird in der Auswerteinrichtung die Anzahl der erfaßten Partikel im Mischungsverhältnis verringert, zum Beispiel bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 1 automatisch halbiert, um der Tatsache gerecht zu werden, daß der Probengasstrom nach Passieren des Filters 43 vor der Pumpe 44 und nach Passieren des weiteren Reinigungsfilters 49 stromaufwärts vom Trockner 48 gereinigt ist, also in dem Gemischstrom durch die Düse 8 nur noch halb so viele Partikel enthalten sind wie bei abgesperrter Rückführleitung 47.

Zwischen der Pumpe 44 und dem Mehrwege-Ventil 46 zweigen zwei sogenannte Stützluftleitungen 54 und 56 ab, über die ein Teil des Probengasstromes zurück zum Durchleuchtungsort 22 geführt und dort von beiden Seiten gegen den aus der Düse 8 austretenden Probengasstrom als sogenannte "Stützluft" gelenkt wird. Wenn beide Ausgänge 461 und 462 des Mehrwege-Ventiles 46 abgesperrt sind, wird der gesamte, gereinigte Luft enthaltende Probengasstrom über die Stützluftleitung 54 zur sendenden Laserdiode 24 und über die Stützluftleitung 56 zur empfangenden Diode 30 zurückgeführt, wobei dann die Auswerteinrichtung im Normalfall einen Meßwert Null registrieren sollte. Wenn dies nicht der Fall ist, ist dies ein Zeichen dafür, daß eine Störung bzw. eine Verschmutzung im Sende- oder Empfangsteil vorhanden ist, die somit durch den Stützluftkreislauf mit den Stützluftleitungen 54, 56 identifizierbar ist.

Anstelle der einen Laserdiode 24 können auch zwei oder mehr Lichtquellen unterschiedlicher Intensität vorgesehen sein, die abwechselnd mit gleichen oder ungleichen Betätigungszeiträumen eingeschaltet werden können, oder es können auch mehrere Lichtquellen gleicher Intensität vorhanden sein, von denen eine oder mehrere periodisch ein- und ausgeschaltet werden können. Statt einer Laserdiode kann auch eine Weißlichtquelle eingesetzt werden.

Allen beschriebenen Varianten ist gemeinsam, daß mit dem Licht hoher Intensität kleinere Partikelgrößen in der Größenordnung bis herab zu 0,2 µm erfaßt werden können, während bei Beleuchtung mit geringerer Intensität größere Partikel in der Größenordnung ab 1 µm bis 20 µm erfaßt werden können.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen der Korngrößenverteilung und der Gesamtkonzentration von Partikeln in einem Probengasstrom mit einer Meßzelle (4), die von

einem Probengasstrom durchströmt wird und in der von einer Lichtquellenanordnung (24, 26) abgestrahltes Licht an den in dem Gas enthaltenen Partikeln gestreut wird, mindestens eine Empfangseinrichtung (30, 32), welche das Streulicht zumindest teilweise empfängt und ein der Intensität des Streulichts entsprechendes Signal abgibt, und einer das genannte Signal aufnehmenden und verarbeitenden Auswerteinrichtung, gekennzeichnet durch eine Lichtquellenanordnung (24) mit steuerbarer Intensität.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellenanordnung mindestens zwei Lichtquellen unterschiedlicher Intensität aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Pulssteuerung (28) für das zeitgetaktete Ein- bzw. Ausschalten wahlweise einer oder beider Lichtquellen (24) vorgesehen ist, derart, daß der Probengasstrom in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten mit Licht unterschiedlicher Intensität beleuchtet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzige Lichtquelle mit veränderbarer Intensität vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Pulssteuerung (28) für das zeitgetaktete Umsteuern der Intensität der Lichtquelle vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die oder mindestens eine Lichtquelle eine Weißlichtquelle ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die oder mindestens eine Lichtquelle ein Laser (24) ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Licht hoher Intensität kurzzeitig einschaltbar ist und wechselseitig mit Licht niedriger Intensität betreibbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß Licht hoher Intensität für eine Zeitdauer von mindestens einer Sekunde und Licht niedriger Intensität für eine Zeitdauer von mindestens zwei Sekunden einschaltbar sind.

10. Verfahren zum Bestimmen der Korngrößenverteilung und der Gesamtkonzentration von Partikeln in einem Gas, insbesondere in Luft, wobei ein Probengasstrom durch eine Meßzelle (4) geleitet wird und Licht an den in dem Gas enthaltenen Partikeln gestreut und ein der Intensität des Streulichtes entsprechendes Signal erzeugt wird, welches zur Bestimmung der Partikelanzahl ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Probengasstrom zeitlich aufeinanderfolgend mit Licht unterschiedlicher Intensität beleuchtet wird, um so unterschiedliche Korngrößenbereiche der Partikel zu erfassen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht bei Außenbetrieb eine Wellenlänge von 670 bis 680 nm und bei feuchtigkeitssensiblen Betrieb von 320 bis 780 nm hat.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß Licht kleiner Intensität für eine Zeitdauer von mindestens einer Sekunde und Licht hoher Intensität für eine Zeitdauer von mindestens zwei Sekunden sequentiell eingeschaltet wird.

13. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßzelle (4) ein Trockner (48) nachgeschaltet ist, in den der Probengasstrom über ein abhängig von der Feuchtigkeit des Probengasstromes steuerbares Ventil (46) zuführt.

bar ist, und daß der Trocknerausgang mit einer Probengaszuführleitung (6) stromaufwärts vom Ort der Durchleuchtung (22) verbunden ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (46) ein Mehrwege-Ventil ist, dessen einer Ausgang (461) mit einer Rückführleitung (47) zum Trockner (48) und dessen anderer Ausgang (462) mit dem Innenraum der Meßzelle (4) verbunden ist, und daß ein Regler (50) vorgesehen ist, der als Eingang den Meßwert eines Feuchtefühlers (52) für die Feuchte des Probengases erhält, und der bei Überschreiten eines Sollwertes für die Feuchte des Probengases den anderen Ausgang (462) des Ventils (46) in den Innenraum der Meßzelle (4) absperrt und den einen Ausgang (461) des Ventils zum Trockner öffnet.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts von dem Ventil (46) Abzweigleitungen (54, 56) zum Leiten des Probengasstromes zur Lichtquellenanordnung (24, 26) und zur Empfangseinrichtung (30, 32) vorgesehen sind, und daß beide Ausgänge (461, 462) des Ventiles gemeinsam absperrrbar sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Trockner (48) zum Absorbieren von Feuchtigkeit ohne Heizung ausgelegt ist, um den Taupunkt und damit die relative Feuchtigkeit im Probengasstrom abzusinken.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß stromabwärts von der Lichtquellenanordnung (24, 26) und stromaufwärts von dem Ventil (46) ein Partikelfilter (43) vorgesehen ist und daß ein weiterer Partikelfilter (49) stromabwärts von dem Trockner (48) in die Rückführleitung (47) eingeschaltet ist.

18. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Durchleuchten

(a) das Probengas in die Meßzelle ausgelassen wird oder

(b) dem Probengas Feuchtigkeit bei Überschreiten einer vorbestimmten Feuchtigkeit entzogen wird und es danach in die Gaszufuhr zur Meßzelle eingemischt wird oder

(c) das Probengas in einem inneren Kreislauf zum Ort der Durchleuchtung zurückgeführt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei Wahl des Schrittes (b) das Verhältnis zwischen aus der Umgebung zugeführtem Gas und dem getrockneten Gas auf einen vorbestimmten Wert, insbesondere 1 : 1, eingestellt wird und daß die daraus sich ergebende Probengasverdünnung durch Multiplizieren der erfaßten Partikelzahl mit einem entsprechenden Faktor, insbesondere dem Faktor 2, berücksichtigt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

